



Geotekninen mallintaminen talokoh- teissa

Antti Hurme

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK University of Applied Sciences

Tekijä(t) Hurme, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Kesäkuu 2020
	Sivumäärä 25	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Geotekninen mallintaminen talokohteissa		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Marko Viinikainen, Jukka Konttinen		
Toimeksiantaja(t) Ramboll Finland Oy, Harri Turkki		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja hankkia tietoa geomallintamisesta talokohteissa. Työn tavoitteena oli kerätä aineistoa, jonka avulla olisi mahdollista valmistaa erillinen geoteknisen mallintamisen ohje talokohteille. Ohjeen avulla pyritään nopeuttamaan suunnittelua ja vähentämään suunnitteluvirheiden määrää, sekä parantamaan suunnitelmien havainnollisuutta. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Ramboll Finland Oy.</p> <p>Toimeksiantajalla oltiin geotekniikan puolella huomattu puutteita ja epätietoisuutta geomallinnustöiden yhteydessä, kun mallinnuksia tehtiin talokohteille. Monissa suunnittelu- ja mallinnustöissä oli ollut liian vähäiset/puutteelliset lähtötiedot. Puutteita olivat mm. mitä olisi tarkoitus geomallintaa ja millä tarkkuudella mallinnus tulisi tehdä.</p> <p>Työ toteutettiin etsimällä aineistoa ja tietoa luotettavista eri tietolähteistä, sekä asiantuntijoilta ohjeen tekemistä varten. Ohjeen tärkeimpänä tehtävänä on selventää, mitä tulisi mallintaa ja millä tarkkuudella mallinnus suoritetaan. Ohjetta on myös mahdollista täydentää tulevaisuudessa.</p> <p>Työn tuloksena yritys sai tarvittavat materiaalit geoteknisen mallintamisen ohjeen tekemiseen talokohteille.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Geotekninen suunnittelu, geotekniikka, mallintaminen		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Hurme Antti	Type of publication Bachelor's thesis	Date June 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 25	Permission for web publication: x
Title of publication Geotechnical modeling in house building		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Marko Viinikainen, Jukka Konttinen		
Assigned by Ramboll Finland Oy, Harri Turkki		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to search and find information about geomodeling in house projects. The aim of the work was to accumulate data that would make it possible to prepare a separate geotechnical modeling guide for house projects. The aim of the guide is to speed up planning and reduce the number of design errors, as well as to improve the visibility of plans. The thesis was assigned by Ramboll Finland Oy.</p> <p>On the geotechnical side, the client had noticed shortcomings and uncertainty in connection with geomodeling work when modeling was performed on house sites. In many design and modeling jobs had had too slight / partial baseline data. Deficiencies included what would be the purpose of geomodeling and with what accuracy the modeling should be done.</p> <p>The work was carried out by searching for material and information from reliable various data sources, as well as by experts for making instructions. The main task of the guide is to clarify what should be modeled and with what accuracy the modeling is performed. It is also possible to supplement the guide in the future.</p> <p>As a result of the work, the company received the necessary materials for making geotechnical modeling instructions for house projects.</p>		
Keywords/tags (subjects) Geotechnical desing, geotechnics, modeling		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Ramboll.....	5
3	Tietomallinnus.....	6
3.1	Yleistä	6
3.2	Tietomallipohjaisen hankkeen suunnittelu	7
3.3	Mallinnettavat rakenteet talokohteissa	8
3.4	Talokohteen mallinnettavat pinnat.....	9
3.5	Mallinnuksen tarkkuustaso talokohteissa.....	9
3.6	Tietomalliselostus.....	9
4	Mallityypit.....	10
4.1	Lähtötietomalli	10
4.1.1	Maaperämalli.....	10
4.2	Suunnitelmamalli.....	11
4.2.1	Pohjarakennemalli.....	12
4.3	Toteutusmalli.....	12
4.4	Toteumamalli.....	13
4.5	Yhdistelmämalli	13
4.6	Koneohjausmalli	14
4.7	Vaatimusmalli	15
5	Pohjarakennustekniset ratkaisut ja niiden mallintaminen	15
5.1	Yleistä	15
5.2	Kaivantotyyppin valinta	15
5.3	Luiskattu kaivanto	16
5.4	Tuettu kaivanto	17
5.5	Kaivantojen tuenta tavat.....	18
5.6	Kaivantojen pohjanvahvistukset	18
5.7	Pohjarakentamisratkaisujen mallintaminen	19

	2
6 Suunnitteluvaiheiden merkitys mallintaessa	19
6.1.1 Hankesuunnittelu	19
6.1.2 Ehdotussuunnittelu	19
6.1.3 Yleissuunnittelu	20
6.1.4 Toteutussuunnittelu	20
6.2 Mallintamisen tarkkuus eri suunnitelmavaiheissa	20
6.2.1 Hanke- ja ehdotussuunnitelmavaihe	20
6.2.2 Yleissuunnitelmavaihe	21
6.2.3 Toteutussuunnitelmavaihe	21
7 Koneohjaus	22
7.1 Koneohjauksen hyödyt	22
7.2 Mallin siirtäminen koneohjaukseen	23
8 Digitaalinen luovutusaineisto	23
9 Pohdinta	23
Lähteet	25

Kuviot

Kuvio 1. Lähtötietomalli	10
Kuvio 2. Maaperämalli	11
Kuvio 3. Suunnitelmamalli	11
Kuvio 4. Pohjarakennemalli	12
Kuvio 5. Toteutusmalli	13
Kuvio 6. Toteumamalli	13
Kuvio 7. Yhdistelmämalli	14
Kuvio 8. Koneohjausmalli	14
Kuvio 9. Vaatimusmalli	15

Keskeiset käsitteet

Digitaalinen luovutusaineisto

Luovutusaineisto, joka muodostuu toteumamallista-, piirustuksista ja laadunvarmistusaineistoista rakentamisvaiheen lopputuotteena. (Yleiset inframallivaatimukset 2019.)

IFC

(Industry Foundation Classes), rakentamisen ja kiinteistöpidon tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön käytettävä avoin, kansainvälinen ja ylläpidetty tiedonsiirtostandardi. (Yleiset inframallivaatimukset)

InfraBIM-nimikkeistö

(Building Information Model), käytetään infra-alalla mallien ja rakenteiden elinkaaren numerointia ja nimeämiskäytäntöä varten. (Infrabim-nimikkeistö N.d)

Kaivanto

Kaivanto on korjaus- tai uudisrakennuksen yhteydessä maahan kaivettu kuoppa, joka sijoitetaan alkuperäisen maanpinnan tason alapuolelle. (Vaara vaanii kaivannossa. N.d.)

LandXML

Kansainvälinen XML-pohjainen formaatti, jota yleisesti käytetään maanrakentamisessa infra- ja maanmittaustiedon tiedonvälitykseen ja dokumenttien tallentamiseen. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

Pohjanvahvistus

Menetelmä, jolla parannetaan maan geoteknisiä ominaisuuksia.

Rakennusosa

Rakennuskohteeseen pysyvästi jäävä aineellinen osa, jota voidaan pitää käsitteellisesti itsenäisenä. Rakennusosa koostuu yhdestä tai useammasta rakenneosasta. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

RIL

Rakennusinsinööri Liitto

Tietomalli

Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa (RIL tietomallinnus N.d)

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Ramboll Finland Oy. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä aineistoa eri tietolähteistä (Yleiset tietomallivaatimukset, Yleiset inframallivaatimukset, Rakennusinsinööriliiton julkaisut ja muut luotettavien tahojen julkaisut), sekä asiantuntijoilta, joiden avulla olisi mahdollista tehdä ohje geotekniselle mallintamiselle talokohteissa. Tavoitteena oli myös parantaa olemassa olevia käytäntöjä ja toimintatapoja, kun tehdään geoteknistä mallinnusta talokohteissa. Ohjeen avulla pyritään nopeuttamaan suunnittelua ja vähentämään suunnitteluvirheiden määrää, sekä parantamaan suunnitelmien havainnollisuutta.

Ohjeen avulla tilaajan on helpompi esittää asiat, joita he haluavat tietomallissa olevan ja millä tarkkuudella. Ohjeessa esitetään myös mallintamisen eri vaiheet, sekä mitä niihin sisältyy. Eri suunnitelmavaiheiden avulla voidaan seurata tietomallin kehitystä. Ohjeen avulla tilaaja sekä mallin tekijä tietää, mitä pitää olla tehtyä eri suunnitelmavaiheissa. Ohjeen avulla helpotetaan myös aikataulutusta, kun tiedetään miten mallin tekeminen etenee ja mitä mallissa tulisi olla valmiina missäkin suunnitelmavaiheessa.

Opinnäytetyö on tehty kvalitatiivisena tutkimuksena. Opinnäytetyö aloitettiin aiheen rajaamisella, sekä tutkittavan ilmiön ja toimintaympäristön perehtymisellä. Aineisto koottiin luetettavista lähteistä, sekä asiantuntijoilta. Opinnäytetyö on suunnattu nimenomaan geotekniikan asiantuntijoille, sekä niille jotka ovat tekemisissä geomallintamisen kanssa. Vaikkakin tässä opinnäytetyössä on kerätty tarkkoja säännöksiä ja ohjeita tulee niitä tarkastella tapauskohtaisesti.

2 Ramboll

Ramboll on johtava suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka perustettiin Tanskassa vuonna 1945. Yhtiön palveluksessa on noin 15 500 työntekijää. Kansainvälisenä yhtiönä Rambollilla on vahva asema Pohjoismaissa, Isossa-Britanniassa, Pohjois-Amerikassa, Lähi-idässä sekä Aasian ja Tyynenmeren alueella. (Ramboll yritys N.d)

Rambollin toimialat ovat kiinteistöt ja rakentaminen, infra ja liikenne, kaupunkisuunnittelu, vesi, ympäristö ja terveys, energia, sekä johdon konsultointi. Rambollin palveluja ovat innovatiiviset ratkaisut kaupunkien, infrastruktuurin, liikenteen, ympäristön ja rakennusten suunnittelussa, rakennuttamisessa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Rambollin tavoitteena on luoda aidosti koko yhteiskunnan toimintaa kehittäviä ratkaisuja. (Ramboll yritys N.d)

3 Tietomallinnus

3.1 Yleistä

Rakennuksen tai infrakohteen rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa kutsutaan tietomalliksi. Sen päällimmäisenä tehtävänä on koota kaikki vaadittava tieto yhdeksi paketiksi, jotta tietojen käyttäminen olisi mahdollisimman helppoa. Tietomalliin tallennettua tietoa on mahdollista käyttää hyväksi koko suunnittelu- ja toteutusketju, aina ylläpitoon asti. Tietomallin avulla voidaan suorittaa erilaiset analyysit ja simuloinnit heti hankkeen alku vaiheessa. Hankkeen alkuvaiheessa tietomallin avulla voidaan myös huomioida rakennettavien kohteiden vaatimukset ja suunnittelunormit. Tietomallia tuotetaan monilla eri suunnitteluohjelmilla ja sen takia on tärkeää huomioida, että ohjelmien välille tarvitaan yhteinen tiedonsiirtomuoto. Talonrakennuksessa käytetään IFC-formaattia, joka sisältää tarvittavan tiedon rakenteista, niin sen muodoista kuin ominaisuuksista. Infrarakenteiden suunnittelussa käytetään yleisesti LANDXML-formaatti tiedonsiirtoon. (RIL tietomallinnus N.d)

Tietomallinnus mahdollistaa esimerkiksi:

- *Investointipäätöksen tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia sekä havainnollistamalla riskejä*
- *Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja kunnossapidon tavoiteseurantaa varten*
- *Eri tekniikkalajien yhteensovittamisen*
- *Suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen*
- *Laadunvarmistuksen ja tiedonsiirron parantamisen*
- *Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja kunnossapidon aikaisissa toiminnoissa*

- *Suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tehostamisen sekä laadun parantamisen (Yleiset inframallivaatimukset 2019)*

Tietomallinnusta tehdessä on käytettävä InfaBIM-nimikkeistöä (BIM= Building Information Model). InfraBIM-nimikkeistössä on esitetty infrarakenteiden, sekä -mallien elinkaaren kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt. (Infrabim N.d)

Tietomallinnusta tehdessä käytettävä nimikkeistö perustuu Infra2015-rakennusosanimikkeistöön. Infra2015-rakennusosanimikkeistössä esitetään infrarakenteiden ja -mallien nimeämis- ja numerointikäytännöt. Se palvelee rakennuksen koko elinkaaren ajan jokaisessa eri vaiheessa. Aina lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, sekä ylläpidossa. (Infrabim N.d)

Tietomallinnuksen tavoitteena nykytilanteessa on parantaa suunnittelun tarjousvaiheen vaatimusten selkeyttämiseen ja työmäärän arviointiin. Tietomalli antaa systemaattisuutta suunnitteluun ja eri suunnitteluprosessin vuorovaikutukseen. Tietomalli on todella tärkeä lisätyökalu toteutuksen tarjousvaiheeseen ja erityisesti toteutukseen muutostilanteineen. Tietomallinnus on tärkeää aloittaa mahdollisimman aikaisessa suunnitteluvaiheessa. Suunnitelma kulkee mallina suunnitelmavaiheesta toiseen täydentyen.

3.2 Tietomallipohjaisen hankkeen suunnittelu

Suunnittelu tietomallipohjaisessa hankkeessa tulee tehdä huolellisesti. Suunniteltaessa tietomalliin perustuvaa hanketta on otettava huomioon hankkeen mahdolliset erityispiirteet ja tarpeet. Esimerkiksi maankäyttö ja haastavat maaperäolosuhteet voivat olla haastavia joillakin alueilla. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

Tarjousvaiheessa tilaajan tulee määritellä mallintamisen tavoitteet, käyttötarkoitukset ja mallien hyödyntäminen vuorovaikutuksessa hankkeen aikana. Tarjousvaiheessa määritetään myös aineistojen tuottamisen vastuut. Suunnitelma-mallien ja dokumentoinnin osalta tarkastusprosessista tulee mainita riittäväkö suunnittelijan oma vastaanottotarkastus vai tarvitaanko ulkopuolista laajempaa suunnittelun digitaalisen aineiston tarkastusta. Mallinnushankkeessa tekniikkalajien ulkopuolisilta tarkastajilta tulee edellyttää myös valmiutta suunnitelmien tarkastamiseen mallien avulla. Mallipohjainen aineisto on osa suunnit-

telma-aineistoa siinä missä piirustuksetkin ja nämä tulee tarkastaa kokonaisuutena. Kaikki suunnitelma-aineisto tulee luovuttaa yhtäaikaaisesti, sillä näin tarkastustoiminta on mahdollista suorittaa kattavasti kerralla. (Yleiset inframalli vaatimukset 2019)

Lähtötiedoista etenkin raaka-aine (esim. pohjatutkimustiedot tai kaava-aineisto) tulee hankkia riittävän ajoissa, koska lähtötietojen kerääminen voi olla työläs prosessi. Lähtötietojen keräämisen viivästyminen viivästyttää suunnittelutyön käynnistämistä. Jos hankinnan aikaisempi vaihe on tehty mallipohjaisesti, on lähtötietoaineisto hyödynnettävissä jo tarjousvaiheessa. Lähtöaineistot on aina tarkistettava ja päivitettävä hankkeen alussa. Hankkeen aikataulu tulee laatia niin, että lähtötietoaineiston kokoamiseen jää riittävästi aikaa ja varsinainen suunnittelu käynnistyy, kun lähtötietoaineiston valmiusaste on riittävä. Lähtötietoaineisto voidaan hankkia myös erillisenä toimeksiantona, jolloin se on valmiina osana tarjouspyyntöaineistoa. (Yleiset inframalli vaatimukset 2019)

3.3 Mallinnettavat rakenteet talokohteissa

Kaikki rakennettavan kohteen rakennusosat, joiden toteutuksessa hyödynnetään työ-koneohjausta, on mallinnettava. Rakennusosan toteumamallin muodostavat yksittäiset rakennepinnat. Rakennetun kohteen lopullinen toteumamalli muodostuu kaikista rakennepinnoista, jolloin kaikki rakennepinnat yhdessä muodostavat kohteen toteumamallin. (Yleiset inframallivaatimukset. 2015.)

Rakennusosista yleisimmin mallinnettavia pintoja ovat:

- Ylin yhdistelmäpinta
- Kulutuskerroksen asfalttibetoni AB, yläpinta
- Sitomaton kantava kerros, yläpinta
- Jakava kerros, yläpinta
- Suodatinkerros, yläpinta
- Massanvaihtoon kuuluva kaivanto
- Putki- ja johtokaivanto
- Maapenger, yläpinta
- Roudaneristys, alapinta
- Eristyskerros, yläpinta
- Välikerros, yläpinta
- Tukikerros, yläpinta
- Tukikerroksen alaosa, yläpinta
- Reunakivet, yläpinta
- Kaivantojen tuennat (ponttiseinät, tuentaelementit)

(Yleiset inframallivaatimukset 2015)

3.4 Talokohteen mallinnettavat pinnat

- Kaivupinta
- Anturoiden alustäytöt
- Paalutus-/työalusta
- Salaojituserrokset
- Rakennuksen vierustäytöt
- Lattianalustäyttö

3.5 Mallinnuksen tarkkuustaso talokohteissa

Mallinnuksen tarkkuustaso on todella tärkeää ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa voidaan määrittää työnaikaseiset ratkaisut siten, että mitoituksen kriittiset mitat ja toleranssit ovat selkeät, sekä niiden avulla saavutetaan riittävän tarkka määrälaskennallinen taso.

Toteutuksen lopulliset ratkaisut tehdään määräys- ja ohjetason mukaiset toleranssit huomioon ottaen.

3.6 Tietomalliselostus

Tietomalliselostus on kunkin suunnittelualan ylläpitämä kuvaus mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden. Se kertoo, mihin tarkoitukseen malli on julkaistu ja mikä on sen tarkkuusaste. Selosteen avulla muut osapuolet voivat tulkita mallin valmiusasetta, järjestelmien ja rakennusosin nimeämiskäytäntöjä ja mallin yleistä rakennetta. Tietomalliselostus päivitetään aina kun malli julkaistaan muiden osapuolten käyttöön, olipa sitten kyseessä työmalli tai tietomalli urakkalaskentaa varten. (Yleiset tietomallivaatimukset. 2012.)

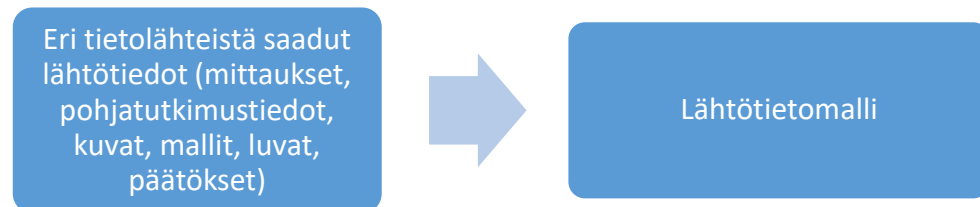
4 Mallityypit

4.1 Lähtötietomalli

Lähtötietomalli määritellään seuraavasti:

Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäsenneltynä digitaalisessa muodossa. Tällaisia ovat esimerkiksi maastomalli, kaavamalli, maaperämalli ja nykyisten rakenteiden malli sekä viiteaineisto kuten viranomaishuutajat ja -päättäjät. Lähtötietomalli täydentyy hankkeen edetessä. Lähtötietoaineistoa on pääsääntöisesti paljon ja erityyppistä. (InfraBIM sanasto. 2014.)

Lähtötietomalli tehdään jatkuvana mallina, sillä tarkkuustaso vaihtelee. Lähtötietomallissa on tärkeää ottaa huomioon, miten mallissa otetaan eri tarkkuustasot huomioon esimerkiksi epävarmat tiedot nykytilanteen maanalaisista rakenteista ja tarkat mittaustiedot, pistemäiset maaperätiedot ja niiden välille muodostettu pinta. Suunnitteluprosessia ajatellen on tärkeää luoda erilaisia rajapintoja kuten esimerkiksi louhintatilanteen kalliopinta, paalujen tavoitetaso. Tärkeää on huomioida törmäystarkasteluasiat. Lähtötietomallissa on suuri ero neitseellisen ja rakennetun alueen välillä.



Kuvio 1. Lähtötietomalli

4.1.1 Maaperämalli

Maaperämalli määritellään seuraavasti:

Digitaalinen maaperän (maanpinnan alapuolinen) malli. Sisältää maajokerrosten likimääräiset (tulkitut) rajapinnat sekä mahdollisesti myös materiaaliominaisuus- ja vesipitoisuustietoja. (InfraBIM sanasto. 2014.)

Maaperämalli toimii geotekniikan suunnittelussa lähtötietomallina.



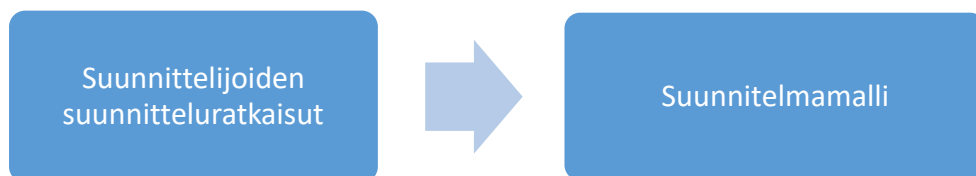
Kuvio 2. Maaperämalli

4.2 Suunnitelmamalli

Suunnitelmamalli määritellään seuraavasti:

Infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. Voidaan tarvittaessa vaihteistaa tarkemmin esim. esi-, yleis-, väylä- (tie/katu/rata) ja rakennussuunnittelumalleihin, ja voidaan jakaa kussakin suunnitteluvaiheessa esim. eri tekniikkalajien mukaan. (InfraBIM sanasto. 2014.)

Talokohteiden maanalaisten rakenteiden suunnitelmamallin tarkoituksena ovat, että mallin avulla selkeytetään erityisesti geosuunnittelua, mutta myös muita aloja, joiden suunnitelmat ulottuvat maapinnan alle tai kytkeytyvät maanpintatietoon; tavoitetasot, törmäykset yms. Suunnitelmamallin tavoitteena on hahmottaa kussakin suunnitteluvaiheessa olennaiset seikat verrattuna mallittomaan prosessiin. Mallin avulla pyritään välttämään yllätyksiä seuraavissa vaiheissa ja erityisesti toteutuksessa.

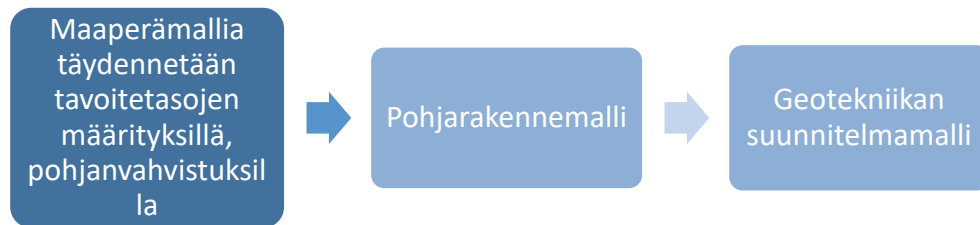


Kuvio 3. Suunnitelmamalli

4.2.1 Pohjarakennemalli

Pohjarakennemalli määritellään seuraavasti: ”Tarvittaessa erikseen tehty digitaalinen malli infrarakenteiden tai -järjestelmien perustamista varten.” (InfraBIM sanasto. 2014.)

Pohjarakennemalli toimii maaperämallin täydennykseksi, josta selviää mm. massanvaihtopintojen, kallionpintojen ja paalujen tavoitetason määrittäminen. Nämä jäävät nykytilanteessa usein satunnaisten leikkauspiirustusten varaan, joten pohjarakennemalli tulisi tehdä huolellisesti missä nämä edellä mainitut tavoitetasot tulisi tulla ilmi. Lähtötietojen avulla voidaan interpoloida pintojen tasoja, mutta ekstrapolointi tulee asiantuntijan varmistaa. Tärkeää on, että suunnitteluratkaisulle on yksikäsitteiset lähtötiedot vertailuun urakkavaiheen toteutumien kanssa. Pohjarakennemalli toimii geotekniikan suunnittelussa suunnitelmamallina.



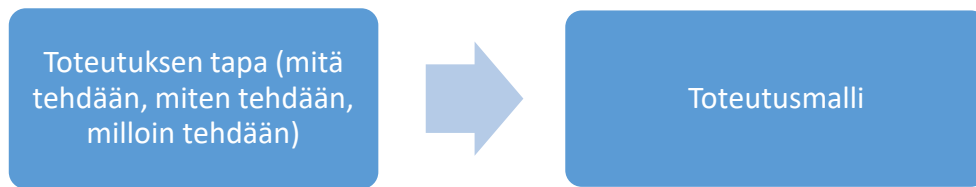
Kuvio 4. Pohjarakennemalli

4.3 Toteutusmalli

Toteutusmalli määritellään seuraavasti:

Infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen tehtävät, resurssit, ajoituksen, jne. Voi tarkoittaa myös suunnitelmamallista jalostettuja työkoneiden koneohjausmalleja tai mittauksia varten laadittuja paikallismittausmalleja. (InfraBIM sanasto. 2014.)

Toteutusmalli toimii tilaajalle myös luotettavana dokumentaatiotyökaluna, sekä toteutusmallin avulla voidaan mahdollisesti tehdä kustannusoptimointia.



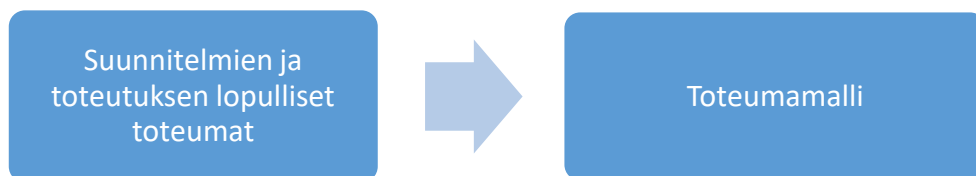
Kuvio 5. Toteutusmalli

4.4 Toteumamalli

Toteumamalli määritellään seuraavasti:

Infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman. (InfraBIM sanasto 2014.)

Toteumamalliin on syytä panostaa, mikäli mallinnus tuo ratkaisun. Tilaajalla on jatkuva ongelma lopullisen arkistotiedon saamisessa. Toteumamalli toimii samalla valvonta- sekä loppudokumentaatiotyökaluna.



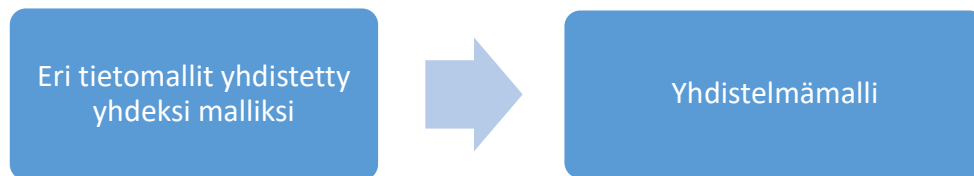
Kuvio 6. Toteumamalli

4.5 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli määritellään seuraavasti:

Eri tietomalleista yhdistetty tietomalli. Esimerkiksi maastomallista, maaperämallista, vanhojen rakenteiden mallista sekä tien ja sillan tuotemalleista muodostettu yhdistelmämalli. Voidaan käyttää esimerkiksi törmäystarkasteluihin suunniteltujen ja nykyisten objektien välillä. (InfraBIM sanasto. 2014.)

Talokohteen geotekniikan lähtötietomallin tulee sisältää automaattisesti kaikki maanalaistiedot tutkimustietoineen yhdistelmänä eri tasoille tehtynä, sekä tapauskohtaiset suunnitelmat. Yhdistelmämallissa suoritetaan myös törmäystarkastelu. Törmäystarkastelussa viedään kaikkien eri suunnittelualojen mallit samaan ohjelmistoon ja mallien sisäiset rakenneosat törmäytetään ohjelman avulla. Ohjelma etsii rakenneosien ja objektien tilavarauksien päällekkäisyyksiä ja ohjelma kirjoittaa siitä raportin mistä voi tarkastella törmäystarkastelun tuloksia.

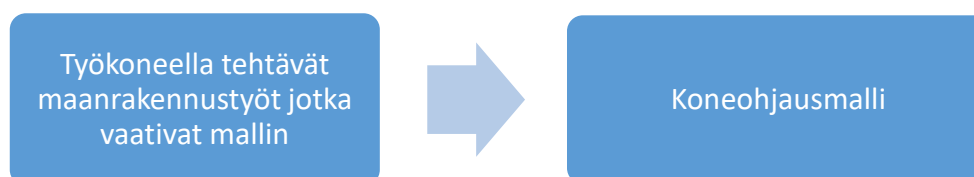


Kuvio 7. Yhdistelmämalli

4.6 Koneohjausmalli

Koneohjausmalli määritellään seuraavasti:

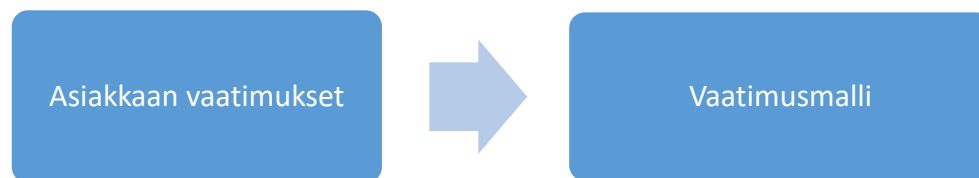
Työkoneiden ohjausjärjestelmissä tarvittava jatkuva (3D) pinta- ja/tai linjamalli. Voi sisältää myös yksittäisiä (3D) pisteitä, joita voidaan hyödyntää työkoneneiden ohjauksessa. (InfraBIM sanasto. 2014.)



Kuvio 8. Koneohjausmalli

4.7 Vaatimusmalli

Vaatimusmalli määritellään seuraavasti: ”Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa asiakkaan vaatimukset.” (InfraBIM sanasto. 2014.)



Kuvio 9. Vaatimusmalli

5 Pohjarakennustekniset ratkaisut ja niiden mallintaminen

5.1 Yleistä

Kaivanto on korjaus- tai uudisrakennuksen yhteydessä maahan kaivettu kuoppa, joka sijoitetaan alkuperäisen maanpinnan tason alapuolelle. Rakennustöiden yhteydessä joudutaan lähes poikkeuksetta tekemään kaivantoja, kun rakennuksia, rakenteita ja niiden osia sijoitetaan kohteen alkuperäistä maanpintaa syvemmälle ja maata kaivetaan sekä siirretään pois. Kaivannot ja kaivutyö koskee käytännössä kaikkia rakennusalan sektoreita, maa- ja pohjarakennusta tehdään niin talonrakennus, tienrakennus, radan rakennus ja vesihuollon hankkeilla. Kaivannot tehdään joko luiskattuina tai tuettuina. (Vaara vaanii kaivannossa. N.d)

5.2 Kaivantotyyppin valinta

Kaivanto pystytään toteuttamaan luiskatun tai tuetun kaivannon avulla. Kaivannon varmuus sortumista vastaan täytyy olla riittävä. Riittävä varmuus kaivannolle saavutetaan, kun kaivanto mitoitetaan RIL 263-2014 kaivanto-ohjeen mukaan.

Tuetun ja luiskatun kaivannon valinta pohjautuu yleensä seuraaviin vaatimuksiin ja tekijöihin.

- *Kaivannon varmuus sortumista vastaan*
 - *Käytettävissä oleva tila*
 - *Kaivannon ympäristö*
 - *Kaivannon vesitiiviys*
 - *Rakennuskustannukset*
 - *Työmaan toimintaympäristö*
- (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 44)*

5.3 Luiskattu kaivanto

Luiskattu kaivanto mitoitetaan RIL 264-2014 Kaivanto-ohjeen mukaisesti.

Luiskan kaltevuus ja kaivannon tilantarve määräytyy vakavuuslaskelmien perusteella.

Laskennassa on huomioitava kaikki kaivannon vakavuuteen vaikuttavat tekijät. (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 133)

Vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- *kaivannon läheisyydessä vaikuttavat ulkoiset kuormitukset*
 - *pohjaveden korkeusvaihtelut*
 - *pohjaveden suotovirtaus*
 - *huokospaineen nousu*
 - *maapohjan häiriintyminen*
- (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 133)*

Luiskattuja kaivantoja suunniteltaessa on kaivantopoikkileikkaus valittava siten, että saavutetaan riittävä varmuus kaivannon luiskien sortumista vastaan sekä pohjamaan heikkojen kerrosten kautta tapahtuvaa laaja-alaista sortumaa vastaan. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon pohjan vakavuus ja pohjaveden hallinta.

Mikäli luiskatun kaivannon rakenne ei saavuta riittävän suurta varmuutta luiskan pysymiselle suunniteltaessa, on tällöin luiskan vakavuuden parantamiseksi suunniteltava toimenpiteet, jolla vakavuus saavutetaan. (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 133)

Toimenpiteet, joilla luiskan vakavuutta pystytään parantamaan esimerkiksi:

- *loiventamalla kaivannon luiskaa*
 - *tekemällä kevennysleikkaus luiskan yläosaan*
 - *tekemällä massanvaihto luiskan juureen tai kaivannon pohjalle*
 - *alentamalla pohjavettä*
 - *stabiloimalla*
- (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 138)

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta VNA 205/2009 34§ /18/ on annettu määräyksiä kaivutyöstä ja kaivannon tukemisesta. Asetuksen mukaan luotettavan selvityksen perusteella kaivannon työturvallisuus voidaan toteuttaa luiskamalla tai porrastamalla kaivanto. Luotettavana selvityksenä voidaan pitää suunniteltävän edellyttämän kelpoisuuden omaavan suunnittelijan laatima suunnitelmaa, joka perustuu kohteen vaativuuden mukaisiin pohjatutkimuksiin, ympäristöselvityksiin ja mitoituslaskelmiin. Työturvallisuuskohdat on otettava huomioon kaivantojen suunnittelussa. (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 133)

5.4 Tuettu kaivanto

Tuettu kaivanto mitoitetaan RIL 264-2014 Kaivanto-ohjeen mukaisesti.

Tuettu kaivanto suunnitellaan ja mitoitetaan niin, että kaivannon maapohja ja tukirakenne kestää niille tulevat kuormitukset jokaisessa eri työvaiheessa riittävällä varmuudella. Ympäristössä syntyvät painumat ja siirtymät tulee pysyä sallituissa rajoissa. Tuetun kaivannon tuentatapa ja tukiseinätyyppi määräytyvät mitoituksen ja käyttötarpeen mukaisesti. (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 99)

Tuetun kaivannon mitoituksessa tulee varmistaa vähintään seuraavat asiat:

- *kaivannolla on riittävä kokonaisstabiliteetti*
- *rakenneosat, kuten seinät, ankkurit, vaakapalkit ja puristussauvat ja näiden liitokset eivät murru*
- *kaivannossa ei tapahdu maapohjan ja rakenteellisen osan yhteistä murtumista*
- *tukiseinän siirtymän tulee pysyä tukiseinän toiminnan ja kaivannon ympäristövaikutusten sallimissa rajoissa*
- *kaivannon vesitiiveys on riittävä*

(RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 99)

5.5 Kaivantojen tuenta tavat

Tukiseinätyypin valinta perustuu lähinnä seuraaviin tekijöihin:

- *kaivannon pohjaolosuhteet*
- *kaivannon ympäristöolosuhteet*
- *tukiseinän käyttötarkoitus*
- *eri tukiseinätyyppien ominaisuudet*
- *eri tukiseinätyyppien rakennuskustannukset ja tarvittava rakennusaika.*

(RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 45)

Yleensä kaikentyyppisiä tukiseiniä voidaan käyttää normaaleissa maa- ja ympäristöolosuhteissa. Normaaleissa tilanteissa tukiseinätyypin valintaan vaikuttavat rakennuskustannukset, sekä tarvittava rakennusaika. Kun olosuhteiden vaativuus kasvaa, tukiseinältä vaadittavien ominaisuuksien merkitys kasvaa, ja käyttökelpoisten tukiseinien määrä vähenee. Erittäin vaativissa pohja- ja ympäristöolosuhteissa tukiseinätyypin valinta perustuu yleensä lähes yksinomaan tukiseinältä vaadittaviin erityisominaisuuksiin. (RIL 263-2014, Kaivanto-ohje, 45)

5.6 Kaivantojen pohjanvahvistukset

Pohjanvahvistukset sisältävät lukuisen määrän eri periaatteilla toimivia menetelmiä, joiden avulla pyritään parantamaan maan geoteknisiä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi lisäämään lujuutta ja vähentämään kokoonpuristuvuutta ja vähentämään tai lisäämään vedenläpäisevyyttä. Erilaisten sideaineiden sekoittamisella maahan ei aikaansaada pohjarakenteita, kuten paaluja, vaan vahvistettua maata. (B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma)

Pohjanvahvistus menetelmiä:

- paalutus
- pilari- ja syvästabilointi

- massastabilointi
 - injektointi
 - massanvaihto.
- (B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma)

5.7 Pohjarakentamisratkaisujen mallintaminen

Pohjarakentamisratkaisujen mallintaminen tehdään yleisen työselityksen mukaisilla toleransseilla niin, että suunnitelmamallista voidaan todeta tarvittavan tarkkuuden mukainen ratkaisu ja toteumamallista kriteerien täyttyminen.

6 Suunnitteluvaiheiden merkitys mallintaessa

6.1.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen. (RT 10-11284 2016.) Hankesuunnitelman painopiste on lähtötietomalleissa ja hyvin alustavissa ratkaisuissa. Hankesuunnitelman edetessä kustannuksista lukitaan pääosa.

6.1.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi. (RT 10-11284 2016.) Ehdotussuunnittelun tarkoituksena on perehtyä ja vertailla useita eri vaihtoehtoisia ratkaisuja. Ehdotussuunnittelussa päätetään teknistaloudelliset vaihtoehdot ja jatkotoimenpiteiden vahvistaminen. Ehdotussuunnitteluvaiheen edetessä kustannuksista lukitaan pääosa.

6.1.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelussa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu sekä rakennuksen kiinteään perusosaan että muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun. Yleissuunnitelma voi sisältää erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuiksi. (RT 10-11284 2016.)

6.1.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu. Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, joiden tuloksina ovat hankintoja palvelevat suunnitelmat ja toteutusta palvelevat suunnitelmat. (RT 10-11284 2016.)

6.2 Mallintamisen tarkkuus eri suunnitelmavaiheissa

6.2.1 Hanke- ja ehdotussuunnitelmavaihe

Hankesuunnitelmavaiheessa lähtötietoaineisto on yleisesti yleispiirteistä ja 3D-mallintamista, sekä havainnekuvia tehdään vain tärkeimmistä kohteista. Hanke- ja ehdotussuunnitelmavaiheen suunnitelmat voivat toimia lähtötietona kaavoitukselle, jolloin projektin lopputuotteet palvelevat myös kaavoituksen tarpeita. Tärkeää tässä on myös se, että työskentely tapahtuu sovitussa koordinaatistossa, jotta esimerkiksi vaihtoehtoisia vertailuja voidaan viedä paikkatietopohjaisiin tietovarastoihin. (Yleiset inframallivaatimukset 2019).

Hanke- ja ehdotussuunnitelmavaiheen koottavan lähtötietoaineiston keskeisen sisällön muodostavat muun muassa:

- *Karkea maanpintamalli*
- *Maaperäkartta*
- *Maaperätutkimukset*

- *kallioperäkartta ja merkittävimmät alueelliset heikkousvyöhykkeet ja siirrokset*
 - *arvio kalliopinnan sijainnista*
 - *pohjavesitiedot*
 - *johto- ja laitetiedot*
 - *maankäyttötiedot ja kiinteistörajat sekä paikkatietoaineisto*
 - *tiedot pilaantuneista maista.*
- (Yleiset inframallivaatimukset 2019)*

6.2.2 Yleissuunnitelmavaihe

Yleissuunnitelmavaiheen käynnistyessä on tyypillisesti vielä olemassa päävaihtoehtoja. Yleissuunnittelun aikana tehdään päätös hyväksymiskäsittelyyn viimeisteltävästä vaihtoehdosta. Yleissuunnitelmavaiheessa tavoitteena on mallintaa päävaihtoehdot sekä niiden vaikutukset (esim. melu, värinä) paremman kustannus- ja vaikutusarvioinnin, yhteensopivuuden varmistamisen ja vaihtoehtojen helpomman havainnollistamisen vuoksi. Hankekohtaisesti on harkittava, mikä on vaihtoehtoja kuvaavien mallien tarkkuus. Yleissuunnitteluvaiheessa inframalli on vielä varsin pelkistetty ja yksinkertaistettu. Sen avulla voidaan kuitenkin tutkia keskeisiä geometrioita, tilavarauksia ja sovitamista ympäristöön sekä arvioida massataloutta. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

Talokohteen yleissuunnitelmavaiheessa tutkimuspaketti on pääosin usein jo valmiina. Tutkimuspakettiin kuuluu mm. maastomallit, pohjatutkimukset, mittaukset, pohjaolosuhdetiedot ja niiden perusteella voidaan tehdä yleissuunnitelmat. Yleissuunnitteluvaiheen edetessä voidaan tehdä vielä täydentäviä tutkimuksia tarpeiden mukaan.

6.2.3 Toteutussuunnitelmavaihe

Toteutussuunnitelmavaiheessa tuotetaan kohteen rakentamisessa tarvittava aineisto. Tärkeintä on ratkaista ja suunnitella tekniset yksityiskohdat ja mallintaa kohde riittävän tarkasti, jotta rakentaminen voidaan tuottaa mallia apuna käyttäen.

Toteutussuunnittelun tavoitteena on tuottaa koordinoitu, virheetön kokonaismalli. Toteutussuunnitelmavaiheessa kuten muissakin suunnitelmavaiheissa tuotetaan yhdistelmämalli yhdistämällä eri tekniikkalajien viimeistellyt suunnitelmamallit. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

7 Koneohjaus

Koneohjausta käytetään pääsääntöisesti maanrakennustöissä. Koneohjaus auttaa kuljettajaa tekemään työn laadukkaasti, tarkasti, ja aikataulunmukaisesti. Koneohjaus mahdollistaa maanrakennusprosessin tehostamisen. Koneohjauslaitteen näytöstä kuljettaja havaitsee kaivun tavoitetason helposti ja nopeasti. Kun koneohjausjärjestelmän avulla tehdään maanrakennustyötä, se saadaan tehtyä kerralla oikein. Sen avulla saadaan säästettyä aikaa, materiaalia ja polttoainekustannuksia.

7.1 Koneohjauksen hyödyt

Koneohjauksesta on seuraavanlaisia hyötyjä:

- Koneohjaus vähentää työvaiheita
 - Työn voi suorittaa ilman maastoonmerkintää
 - Työmaakorko on aina tiedossa
 - Työsuunnitelmat ovat koneohjauksen näytöruudulla, joka helpottaa kuljettajaa havainnollistamaan työkohteen paremmin
 - Koneohjauksella työ tehostuu ja nopeutuu
 - Ei ylikavettuja leikkauksia, ei ylitäyttöä
 - Työturvallisuus paranee, kaivannoissa mittaustarve vähenee
 - Koneohjauksella tehty kaivutyö voidaan dokumentoida välittömästi työsuorituksen jälkeen.
- (Mitä on koneohjaus? N.d)

7.2 Mallin siirtäminen koneohjaukseen

Koneohjaukseen siirrettävä tietomalli on LandXML formaatissa oleva tiedosto, jonka koneohjauslaite osaa lukea. Koneohjauslaitteella voidaan eritellä mitä eri asioita halutaan näytöllä näkyvän. Esimerkiksi luiskin pituus, kaltevuus, putkien sijainnit, kaivot, jne. Ongelmana tässä on kuitenkin se, ettei koneohjaukseen voida lukea sellaista tiedostomuotoa mitä käytetään rakennesuunnittelun tietomallinnuksessa eli IFC-formaattia. LandXML ja IFC-formaatin välille ei ole vielä valmistettu sellaista ohjelmaa, mikä osaisi lukea molempia tiedostoja ja tehdä niistä kattavaa pakettia minkä pystyisi siirtämään suoraan koneohjaukseen. Tiedonsiirrossa ja mallinnuksessa käytetään Infra-BIM nimikkeistöä ja koodausta. Tietomallin siirtämisen yhteydessä on tärkeää tarkistaa, että malli on tehty oikeaan koordinaattijärjestelmään.

8 Digitaalinen luovutusaineisto

Digitaalisella luovutusaineistolla kuvataan valmiin työmaan luovutus. Luovutusaineisto muodostuu toteumamallista ja -piirustuksista, laadunvarmistusaineistosta sekä niihin liittyvästä dokumentaatiosta. Aineistolla todennetaan rakentamisen laatu ja se toimii kokonaisuudessaan lähtötietona kunnossapitovaiheelle. Digitaalinen luovutusaineisto parantaa hankkeen elinkaaren tiedonhallintaa. Sen avulla siirretään tietoa eteenpäin seuraaville hankevaiheille ja se helpottaa kerätyn tiedon jälleenkäyttöä. Yhdenmukainen luovutustapa ja aineiston dokumentointi on olennainen osa hankkeista syntyvän tiedon jälleenkäytön edellytysten helpottamista. Tästä syystä luovutettava aineisto tulee jaotella vakioidusti ja siihen tulee sisällyttää aineistosiselitys ja -luettelo. (Yleiset inframallivaatimukset 2019)

9 Pohdinta

Työn tuloksena saatiin kerättyä ja etsittyä tarpeeksi tietoa, joiden avulla on mahdollista tehdä tarvittavan kattavaa ohje geotekniselle mallintamiselle talokohteissa. Ohjeen tarkoituksena on auttaa hankkeen tilaajaa, sekä suunnittelijoita mallintamaan geomalli oikein ja sille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Onnistuneella geomallilla

on tärkeä merkitys rakennushankkeen onnistumisen kannalta, sillä mallintaminen on yleistynyt paljon kaikilla eri suunnittelualoilla.

Opinnäytetyön aikana pääsin seuraamaan mallinnusta. Mallinnuksessa käytettiin Novapointin mallinnus ohjelmaa ja sen käytössä huomattiin, ettei Novapoint tahtonut järkevästi mallintaa kaikkea mitä olisi ollut tarkoitus mallintaa. Myös mallinnuksen aikana huomattiin, että joku pienikin mallinnus saattaa viedä todella paljon aikaa eikä se ole silloin kustannuksia ajatellen järkevää. Mallintamisen yhteydessä huomattiin, kuinka helppoa mallin tarkasteleminen on, kun kaikkien eri toimialojen malleista on tehty yhdistelmämalli. Mallista tehtiin törmäystarkastelu ja sen avulla huomattiin muutamia kohtia, joita tulee muokata ja suunnitella uudestaan. Kehitysehdotukset koskevat lähinnä ohjelmia ja niiden toimivuuden parantamiseen.

Mielestäni opinnäytetyöhön saatiin kerättyä tarpeeksi tarpeellista ja ajankohtaista aineistoa, jolla saadaan tulevaisuudessa tehtyä kattava ohje geomallintamiseen. Voin olla siis tyytyväinen lopputulokseen. Opinnäytetyön aikana opin todella paljon mallintamisesta yleisesti ja kuinka tärkeässä osassa mallintaminen on nykyrakentamista. Uskon, että näistä tiedoista tulee olemaan todella paljon hyötyä itselleni työelämässä.

Lähteet

Enstam, J-E. & Nylund, A. 2003. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. Viitattu 5.4.2020.

<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/b3.pdf>

InfraBIM nimikkeistö N.d. Infra nimikkeistön kuvaus Buildingsmartin verkkosivuilla. Viitattu 11.4.2020

<https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-nimikkeisto/>

Mitä on koneohjaus? N.d. Kuvaus koneohjauksesta Novatronin verkkosivuilla. Viitattu 2.5.2020

<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

Ramboll Finland Oy. Nd. Yritystietoa Ramboll Finland Oy:sta. Viitattu 5.4.2020

https://fi.ramboll.com/ramboll_finland_oy

Rantanen, E., Harju, M., Norokorpi, L. & Uusitalo, J. 2013. Vaara vaanii kaivannossa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Viitattu 5.4.2020.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2013-09_vaara_vaanii_web.pdf

RIL 263-2014. Kaivanto-ohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

RIL. Tietotomallinnus. N.d. Kuvaus tietomallinnuksesta Rakennusinsinööri Liiton verkkosivuilla. Viitattu 2.5.2020

<http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

RT 10–11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Viitattu 2.5.2020 <https://janet.finna.fi/> , RT-kortisto.

RT 10–11078. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Viitattu 2.5.2020 <https://janet.finna.fi/> , RT-kortisto.

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 4.4.2020. <https://janet.finna.fi/> , RT-kortisto.

Serén, K. 2014. InfraBIM sanaston kuvaus Buildingsmartin verkkosivuilla. Viitattu 11.4.2020

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf

Yleiset inframallivaatimukset 2015. Osa 5. Rakennemallit. Viitattu 5.5.2020

buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohje_V_1_0.pdf

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. 2019. Yleiset asiat, lähtötiedot, suunnittelu, rakentaminen. Viitattu 4.4.2020.

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf

